

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3977807号  
(P3977807)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年6月29日(2007.6.29)

(51) Int.C1.

F 1

H01L 21/304 (2006.01)

H01L	21/304	6 4 7 Z
H01L	21/304	6 4 3 A
H01L	21/304	6 4 3 D
H01L	21/304	6 4 5 B
H01L	21/304	6 4 5 D

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2003-519981 (P2003-519981)  
 (86) (22) 出願日 平成14年7月23日 (2002.7.23)  
 (65) 公表番号 特表2004-538635 (P2004-538635A)  
 (43) 公表日 平成16年12月24日 (2004.12.24)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2002/023515  
 (87) 國際公開番号 WO2003/015146  
 (87) 國際公開日 平成15年2月20日 (2003.2.20)  
 審査請求日 平成16年8月19日 (2004.8.19)  
 (31) 優先権主張番号 09/925,884  
 (32) 優先日 平成13年8月6日 (2001.8.6)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500287329  
 セミトゥール・インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国59901モンタナ州カリ  
 スペル、ウエスト・リザーブ・ドライブ6  
 55番  
 (74) 代理人 100101454  
 弁理士 山田 卓二  
 (74) 代理人 100081422  
 弁理士 田中 光雄  
 (74) 代理人 100098280  
 弁理士 石野 正弘  
 (72) 発明者 マイケル・ケニー  
 アメリカ合衆国59901モンタナ州カリ  
 スペル、ウエスト・リザーブ・ドライブ6  
 55番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体ウエハなどのワークピースを取り扱う処理および装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ワークピースを洗浄する方法であって、  
ワークピースの表面上に加熱された液体の層を形成するステップと、  
加熱された液体の層の厚みを制御するステップと、  
オゾンガスをワークピースの周りに提供して、オゾンガスを加熱された液体の層に拡散させ、ワークピースの表面上にある汚染物質と化学的に反応させるステップと、  
液体のジェットをワークピースの表面に噴射して、液体のジェットを加熱された液体の層を貫通させ、ワークピースの表面に衝突させて、ワークピースの表面上にある汚染物質を物理的に除去するステップとを有することを特徴とする方法。

10

## 【請求項2】

上記液体がおよそ3500~14000kPaに加圧される、請求項1の方法。

## 【請求項3】

上記液体を25~99まで加熱することをさらなる特徴とする、請求項1の方法。

## 【請求項4】

オゾンを、ワークピースの周りの環境に乾燥ガスとして提供することをさらなる特徴とする、請求項1の方法。

## 【請求項5】

ジェットを形成するために用いられる液体、または加熱された液体の層を形成するため  
に用いられる液体にオゾンを導入することにより、オゾンをワークピースの周りの環境に

20

提供することをさらなる特徴とする、請求項4の方法。

**【請求項 6】**

上記液体が、フッ化水素酸、塩酸、水酸化アンモニウム、硫酸、磷酸、ハロゲン化炭化水素または過酸化水素を含む、請求項1の方法。

**【請求項 7】**

ワークピースに、紫外線、赤外線、マイクロウェーブ、ガンマ線またはエックス線を照射することをさらなる特徴とする、請求項1の方法。

**【請求項 8】**

チャンバ内のスイングアーム(190)上でジェットを移動させるステップをさらに含む、請求項1の方法。 10

**【請求項 9】**

ワークピースに音エネルギーを導入することをさらなる特徴とする、請求項1の方法。

**【請求項 10】**

上記液体をジェットに形成するノズル(56)に、音エネルギーを導入することにより、音エネルギーがワークピースに導入される、請求項9の方法。

**【請求項 11】**

ジェットが、およそ0.5~10mmの直径を有する、請求項1の方法。

**【請求項 12】**

ジェットが、ワークピースの底面に向かって下方から方向付けられる、請求項1の方法。 20

**【請求項 13】**

加熱された液体の層は、ワークピースの表面上で蒸気が凝縮することにより形成される、請求項1の方法。

**【請求項 14】**

ワークピースから汚染物質を除去する装置であって、

処理チャンバと、

1つまたは複数のワークピースを保持するためのチャンバ内の固定具と、

ワークピースの周りにオゾンを提供するためのオゾン源と、

ワークピースの表面上に形成された加熱された液体の層の厚みを制御して、オゾンガスを加熱された液体の層に拡散させ、ワークピースの表面上にある汚染物質と化学的に反応させる手段と。 30

処理チャンバ内に設けられ、液体のジェットをワークピースの表面に噴射するための少なくとも1つのジェットノズルとを備え、

液体のジェットが加熱された液体の層を貫通し、ワークピースの表面に衝突して、ワークピースの表面上にある汚染物質を物理的に除去することを特徴とする装置。

**【請求項 15】**

3500~14000kPaの圧力で、高圧液体源が液体をノズルへ提供する、請求項14の装置。

**【請求項 16】**

別々のオゾンスプレーをワークピース(20)の表面に方向付けるための、処理チャンバ(15)内のノズル(40)をさらに含んでいる、請求項14の装置。 40

**【請求項 17】**

ワークピースを洗浄する方法であって、

ワークピースの表面上に加熱された液体の層を形成するステップと、

加熱された液体の層の厚みを制御するステップと、

オゾンガスをワークピースの周りに提供して、オゾンガスを加熱された液体の層に拡散させ、ワークピースの表面上にある汚染物質と化学的に反応させるステップと、

蒸気のジェットをワークピースの表面に噴射して、蒸気のジェットを加熱された液体の層を貫通させ、ワークピースの表面に衝突させて、ワークピースの表面上にある汚染物質を物理的に除去するステップとを有することを特徴とする方法。 50

**【請求項 1 8】**

加熱液体の層を、蒸気の凝縮を通して形成することをさらなる特徴とする、請求項 1 7 の方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

この発明は、半導体ウエハなどのフラットメディアワーカピースを洗浄する方法、およびワーカピースから汚染物質を除去する装置に関する。半導体装置は、コミュニケーション、医用、産業用、軍用、およびオフィス用の製品や設備と同様に、電話、コンピュータ、CDプレーヤなど、ほとんど全ての消費電子製品に広く使用されている。半導体装置は、半導体ウエハから製造される。半導体ウエハの洗浄は、多くの場合、半導体装置の製造に使用される製作処理における重要なステップとなっている。多くの場合、ウエハ上の形状は数分の1ミクロンのオーダーであり、一方膜の厚さは20オングストロームのオーダーであってもよい。このため、ウエハから製造された装置は、有機物質汚染、微粒子汚染、または、金属/イオン汚染による、性能劣化または破損に、著しく影響されやすくなる。二次加工構造 (fabrication structure) に使用される二酸化珪素でさえ、酸化物の品質または厚さが設計パラメータに合わない場合は、汚染物質であると見なされ得る。

10

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

ウエハ洗浄には長い歴史があるが、「近代の」洗浄技術の時代は、一般に、RCAが様々なタイプの汚染を処理する洗浄シーケンスを開発した、1970年代前半に始まったと考えられている。同じタイムフレームにおいて、他にも、同一の、または同様のプロセスを開発したものもあったが、最終的な形態での概略的な洗浄シーケンスは基本的に同一である。

20

**【0 0 0 3】**

RCA洗浄シーケンスの第1のステップは、硫酸および過酸化水素の混合液を用いる、有機汚染の除去を含んでいる。比率は、90~140 の範囲の温度で、通常2:1~20:1の範囲である。この混合液は、一般に「ピラニア」と呼ばれている。有機汚染の除去に対する近年の強化では、過酸化水素を、発泡され、または硫酸ラインへ注入されるオゾンで置換している。

**【0 0 0 4】**

30

処理の第2のステップは、通常は周囲温度において、200:1~10:1の比率の水およびHF(4%)で、酸化薄膜を除去することである。この処理により、通常、ウエハの領域を疎水性状態に残すことになる。

**【0 0 0 5】**

処理の次のステップは、通常はおよそ60~70 の温度で、水、過酸化水素、および水酸化アンモニウムの混合液を用いる、疎水性シリコン表面の粒子および再酸化の除去を含んでいる。沿革的に、これらの成分の比率は、5:1:1のオーダーとなっている。近年その比率は、より一般的に、5:1:0.25、または、より希釀するものとなっている。この混合液は、一般に「SC1」(スタンダードクリーン1)、またはRCA1と呼ばれている。代替的に、これは、HUANG1としても知られている。処理のこの部分は、(粒子除去に都合の良いゼータポテンシャルの生成と関連して)むき出しのシリコンウエハ表面上に二酸化珪素膜を成長させ、同時に腐食除去することにより、粒子を除去する傑出したジョブである一方で、溶液中の鉄やアルミニウムなどの金属を、シリコン表面上へ付着させかねないという欠点を有している。

40

**【0 0 0 6】**

処理の最後の部分では、金属が、水、過酸化水素、および塩酸の混合液で、除去される。通常、この除去は、およそ60~70 で実行される。沿革的に、比率は5:1:1のオーダーであったが、最近の進展では、水およびHClの希釀混合液を含む、より希薄な化学物質も有効であることが示されている。この混合液は、一般に「SC2」(スタンダードクリーン2)、RCA2、またはHUANG2と呼ばれている。

50

**【0007】**

上記のステップは、多くの場合、いわゆる「プレ拡散洗浄」と呼ばれることを構成するシーケンスにおいて実行される。こうしたプレ拡散洗浄は、装置を役立たなくさせるような形で、装置層に不純物を取り込んだり、または拡散させる可能性のある熱的動作以前に、ウエハが非常に清潔な状態にあることを保証するものである。この4ステップ洗浄処理は、半導体産業における標準洗浄処理と考え得るが、同一サブ成分を用いる、多くの異形処理が存在する。例えば、以下の処理シーケンスをもたらすピラニア溶液は処理から削除されてもよい：HF → SC1 → SC2。近年、薄い酸化物が、装置の性能における問題となっているため、「フッ化水素酸最終(hydrofluoric acid last)」化学物質が開発されている。こうした例では、ウエハ表面からシリコン背面を除去するために、塩酸を含む最終洗浄を伴って、1つ以上の上述の洗浄ステップが採用されている。

10

**【0008】**

ウエハへの特定の化学作用の適用方法は、実際に採用される化学作用と同程度に重要である。例えば、むき出しのシリコンウエハのHFへの浸漬処理は、粒子中性 (particle neutral) となるよう構成可能である。むき出しのシリコンウエハ上へのHFスプレーは、通常、0.2ミクロンの基準直径での粒子に対し、数百以上の粒子の追加を示すものである。

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

上述の4つの化学作用洗浄処理は、何年間も効果的とされてきているが、それにもかかわらず欠点を有している。こうした欠点には、化学物質のコスト高、様々な洗浄ステップをウエハが通るのに要する長い処理時間、各化学ステップの間の広範な灌ぎに要する水の大量消費、および高い廃棄コストが含まれている。結果として、既存の4つの化学作用洗浄処理と同程度、またはさらに良好な結果をもたらしながら、さらに経済的にも魅力的な、代替的洗浄処理を工夫する努力がなされてきた。

20

**【0010】**

様々な方法および装置が、半導体ウエハを含むワークピースの洗浄を改良する試みにおいて、開発してきた。これらの方針および装置は、成功の度合いも様々であるが、洗浄効果、および時間要件、信頼性、水および化学物質の供給の消費、コスト、および使用後の水および化学物質の環境上安全な処分に関して、欠点を残している。従って、本発明の目的は、改良された洗浄方法および装置を提供することである。

30

**【課題を解決するための手段】****【0011】**

第1の態様では、液体をワークピース上に適用し、ワークピース上の液体の厚みを制御することにより、加熱された液体の境界層がワークピース上に形成される。ワークピースを回転させたり、または液体の流速を制御したりすることにより、厚さが制御されてもよい。また、任意に界面活性剤が使用されてもよい。加圧液体のジェットがワークピースに向かって方向付けられる。ワークピースに対するジェットの衝撃または衝突が、汚染物質をワークピースから物理的に排除し、または除去する。液体は、物理的または機械的な液体ジェット衝突洗浄と同様に、化学作用による洗浄を容易にするよう、加熱水を含んだり、または化学的添加物を含んでいるのが好ましい。境界層をワークピースに形成する液体は、スプレーノズルなどの追加液体源が使用されてもよいが、ジェットによりもたらされるのが有利である。境界層が薄いので、ジェットは、衝突によりワークピースを洗浄するよう、境界層を貫き、ワークピースに向かって衝突する。

40

**【0012】**

ワークピース表面に対するジェットの物理的衝撃または衝突により、汚染物質を除去するため、好ましくはジェットに面するワークピース表面の実質的に全領域が、少なくとも暫時ジェットに対して露出されるよう、ワークピースおよび加圧液体のジェットは互いに対して動かされる。ワークピースを回転させることにより、加圧液体のジェットが、ワークピースのより多くの領域に接触可能となり、さらには、ワークピースの回転を液体境

50

界層の形成や維持に用いることも可能である。ジェットがワークピースに対して衝突するところでは、衝突領域のすぐ周りの液体境界層は、一時的にジェットに置換される。ジェットがワークピース表面を横切って、または、表面に沿って動くにつれて、液体境界層はジェットが過ぎるとすぐに再形成される。

#### 【0013】

高められた温度により、反応キネティクス (reaction kinetics) が促進される。液体膜の高められた温度ゆえに、内部に高濃度オゾンが溶解した溶液を生じない場合であっても、気相における高濃度のオゾンにより、液体膜または境界層を通したオゾンの拡散が促進される。ジェット衝突により汚染物質の機械的除去が提供され、オゾン(任意に、液体ジェットおよび境界層内に化学添加物を伴う)により汚染物質の化学的除去が提供される。10

#### 【0014】

オゾン発生器は、処理チャンバなどのワークピースを含む環境にオゾンを提供する。オゾンは、汚染物質と化学反応し、除去するよう、液体境界層を通して拡散する。代替的に、オゾンガスか、ジェットを形成する液体に注入されてもよい。

#### 【0015】

第2の別の態様では、ワークピース上に、液体よりむしろ蒸気が導入され、または噴射され、好ましくは蒸気が汚染物質を物理的に除去し、さらには、化学洗浄をスピードアップするため、ワークピースが加熱される。

#### 【0016】

第3の別の態様では、紫外線、赤外線、マイクロウェーブ、ガンマ線、またはエックス線の放射などの電磁エネルギーが、ワークピースに照射される。20

#### 【0017】

第4の別の態様では、ワークピースと振動子との間の直接接触により、または液体ジェットを通して、超音波エネルギー、またはメガソニックエネルギーなどの音エネルギーがワークピースに導入される。

#### 【0018】

第5の態様では、ワークピースから汚染物質を除去する装置は、処理チャンバ内でワークピースを保持する固定具を含んでいる。チャンバ内の少なくとも1つのジェットノズルが、ワークピースに向けられる。ジェットノズルは、ワークピースに対して可動である。高圧液体源は、ジェットノズルに接続されている。ノズルおよび/またはワークピースが互いに対し動くにつれ、ノズルからの高速移動高圧ジェットまたは液体コラムは、ノズルに面したワークピースの実質的に全表面にわたって移動する。ノズルは固定具に対して旋回する、スイングアーム上に支えられるのが有利であろう。ジェットが垂直に上下、または水平に移動するよう、ノズルは、ワークピースの上方、または下方、または一方の面、にあってよい。オゾンは、チャンバ内に供給され、汚染物質を除去するよう、境界層を通して拡散する。ヒーターは、ジェット形成に用いられる液体を加熱する。30

#### 【0019】

本発明は、図示され、説明された、特徴、構成要素、ステップ、およびサブシステムの副次的な組合せにも存する。また、ある実施例で説明されたり、または、ある図において示された任意の機構は、いかなる他の実施例でも等しく使用可能である。40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0020】

概念的にリストされた概略図は、本発明の態様の設計および動作を示している。要素または構成要素間の位置および接続技術は、もちろん、様々な方法で達成可能であり、図面は、こうした要素および接続を概略的に示しており、物理的または機械的に示してはいけない。図面内の点線は、任意の、および非本質的な要素または接続を示している。図面は、好ましい設計を示す一方で、本発明に本質的な、または非本質的な要素を含むことがある。本発明に本質的な要素は、請求項において詳しく説明されている。図面は、本質的な要素、および非本質的な要素を示している。50

## 【0021】

ここでは、ワークピースまたはマイクロエレクトロニックワークピースを、その上部に超小型電子回路または構成要素、データ保存要素または層、および/または、マイクロメカニカル要素が形成された、基板から形成されたワークピースを含むものと定義する。ここで説明される装置および方法は、フラットパネルディスプレイ、ハードディスクメディア、CDガラス、メモリメディアなどの他のワークピースと同じく、半導体ウエハなどのワークピースを洗浄し、または処理するために使用されてもよい。

## 【0022】

本装置は単一のウエハの処理における使用について示されているが、図1から図6の装置および方法は、ワークピースのパッチに使用されてもよい。ここで図1を参照すると、処理または洗浄システム14では、ワークピース20は、処理チャンバ15内で、例えば、ローターアセンブリ30から伸びる、1つ以上のサポート25により支えられるのが好ましい。ローターアセンブリ30はチャンバを閉鎖する。シールされたチャンバまたは環境が要求されてはいないが、密封処理環境を形成するために、ローターアセンブリが任意にチャンバ15をシールしてもよい。ローターアセンブリ30は、オゾンおよび処理液体による処理中または処理後に、ワークピース20をスピンドル37の周りで回転させる。他の方向付けも可能ではあるが、スピンドル37は、好ましくは垂直である。

10

## 【0023】

チャンバ15の体積は、いかなる所与の容量に対しても、設計の都合上許容される程度(すなわち、被処理ワークピースの数およびサイズ)で、最小にされるのが好ましい。複数のウエハをパッチで処理するためには、チャンバ15は筒状であることが好ましい。より平坦なディスク形のチャンバは、単一のウエハの処理に用いるのが有用である。通常、チャンバの体積は、およそ5リットル(単一のウエハ用)から、およそ50リットル(50枚のウエハシステム用)までの範囲で変化する。

20

## 【0024】

ワークピース20の表面上にオゾンおよび液体のスプレー混合液を方向付けるよう、1つ以上のノズル40が処理チャンバ15内に配置される。ノズル40は、液体のスプレーをワークピース20の下側へ方向付けるのが好ましい。しかしながら、スプレーは、代わりに、または、それに加えて、ワークピース20の上面へ方向付けられてもよい。また、液体は、流入、大量蒸着、浸漬、凝結など、スプレー以外の他の方法で適用されてもよい。

30

## 【0025】

処理液体およびオゾンは、液体に混合されたオゾンを運ぶ、単一の流体ラインにより、ノズル40に供給されてもよい。貯蔵槽45またはタンクには、液体が保持される。貯蔵槽45は、ポンプ55の入力に接続される。ポンプ55は、ノズル40に供給するために、流体流路60に沿い、液体を圧力下で供給する。貯蔵槽の使用が好ましいが、パイプラインを含むいかなる液体源も使用可能である。

## 【0026】

液体流路60は、処理液体から微視的汚染物質をフィルタリングするフィルタ65を、任意に含んでもよい。処理液体は、圧力下のまま、流体流動ライン70に沿って、フィルタ65(使用される場合)の出力へ供給される。液体流路内の1つ以上のヒーター50は、処理液体を加熱する。図1に示されるように、インラインヒーター、またはタンクヒーター、またはその両方が使用されてもよい。

40

## 【0027】

オゾンは、流動ライン70内へ注入される。オゾンは、オゾン発生器72により発生され、少なくとも基準圧力の下で、オゾン供給ライン80に沿い流体流動ライン70へ供給される。ここでオゾンが注入された液体は、任意に、オゾンと処理液体を混合するミキサー90の入力へ供給される。ミキサー90は、静的であっても動的であってもよい。処理液体およびオゾンは、ミキサー90から、ノズル40の入力へ供給される。ノズルは、液体を被処理ワークピース20の表面上にスプレーし、さらに、オゾンを処理チャンバ15の環境内へ導入する。

## 【0028】

50

オゾン発生器72の出力ライン77は、処理液体内にさらにオゾンを濃縮するよう、オゾンを、貯蔵槽45内の分散ユニット95に供給してもよい。分散ユニット95は、処理液体を通るオゾンの分散流動を提供し、それにより、さらなる量のオゾンを流体経路60に沿って注入する前に、オゾンを液体へ添加する。

#### 【0029】

図1の実施例では、チャンバ15内の使用済み液体は、任意に集められ、流体ライン32から、例えばバルブ34へ排出される。バルブ34は、使用済み液体を、排水口36に送るか、またはリサイクルライン38経由で貯蔵槽45に戻すか、のいずれかへと供給するよう動作されてもよい。処理液体が、システムを通って貯蔵槽45へ戻される繰り返しサイクルは、オゾン注入および/またはオゾン分散を繰り返すことにより、液体内のオゾン濃度を高めることを補助する。代替的に、使用済み液体を、チャンバ15から排水管へ方向付けてもよい。

10

#### 【0030】

オゾン発生器72は、高能力オゾン発生器であることが好ましい。高能力オゾン発生器の1つの例は、米国マサチューセッツ州ウォーバーンにある、アプライドサイエンスアンドテクノロジー (Applied Science and Technology) 社製のASTeX 8403 オゾン発生器 (Ozone Generator) である。ASTeX 8403は、毎時160グラムのオゾン生産率を有している。この率で、およそ12リットル/分、および重量19%のオゾン濃度を有する流れをサポート可能である。適当な高能力オゾン発生器の他の例は、180g/時間のオゾン生産率を有する、日本、兵庫県にある住友精密工業株式会社 (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.) 製の住友 (Sumitomo) GR-RL オゾン発生器 (Ozone Generator) である。オゾン発生器72は、好ましくは少なくとも毎時90グラムまたは100グラム、または毎時110グラムまたは120グラムの能力、または、より好ましくは少なくとも毎時135グラムの能力を有している。流速および濃度については、能力は、重量濃度12%、13%、14%、15%(または、それ以上)において、少なくとも毎分10リットルであるべきである。単一のウエハ処理など、低流速アプリケーションでは、例えば、16~19%以上の、高濃度であってもよい。

20

#### 【0031】

高能力オゾン発生器の使用は、プロセス流体の如何にかかわらず、オゾンが、ガスとして処理チャンバ、またはワークピース周囲の環境に供給される、図4、図5、および図7の方法および装置に関連して特に有用である。

#### 【0032】

30

既知の方法では、オゾンは、ウエハ表面の酸化処理に利用可能となるよう、水溶液に溶解されていた。結果として、ウエハ表面に提供可能なオゾン量は、プロセス流体内への可溶オゾン量に制限されていた。同様に、生成されたいかなる過剰オゾンも、プロセス流体に吸収されることはなく、結局消散して失われてしまうので、より高い能力のオゾン発生器を用いる誘因は存在していなかった。

#### 【0033】

オゾンを含んだ環境を生成するために、オゾンの流れに沿って供給される、加熱液体でワークピース20の表面を加熱することは、フォトレジストの剥離、灰の除去、および/または、洗浄処理において高効率的である。液体は、ワークピース表面に高められた温度で供給される。これにより、表面反応が加速される。また、反応を誘導するために、直接ワークピースを加熱することも可能である。こうした加熱は、加熱処理液体の接触を通じたワークピースの間接的加熱に加えて、またはそれに代えて実行されてもよい。例えば、サポート25は、ワークピース20を加熱する発熱体27を、任意に含んでいてもよい。チャンバ15は、チャンバを加熱し、間接的にワークピースを加熱するチャンバヒーター29を、任意に含んでいてもよい。

40

#### 【0034】

好ましい処理液体は、脱イオン水である。さらに、他の水溶液または非水溶液など、他の処理液体が用いられてもよい。水は、ワークピース表面上に連続膜を生成可能である。この膜または層は、過度に厚い場合、拡散バリアとしてオゾンに作用し、結果として反応速度を低下させてしまう。この層の厚さは、液体層を薄い境界層に形成するよう、ワーク

50

ピース回転速度の制御、および処理液体の被制御スプレー、または、これらの技術の1つ以上の組み合わせにより制御される。これにより、液体の境界層を通して、除去されるべき有機物質または他の汚染物質とオゾンが反応するワークピース表面へ、オゾンを拡散させる。オゾンは、加熱液体(好ましくは水)における、限られた溶解度を有している。しかしながら、オゾンは、液体/固体インターフェースにおいて、液体境界層を通して容易に拡散し、ワークピースまたはウエハ(シリコン、フォトレジストなどか否か)の表面と容易に反応可能である。従って、溶解よりむしろ拡散が、オゾンをウエハ表面に提供するのに用いられる、主要メカニズムである。

#### 【0035】

図2は、システム14が、例えば、ワークピース表面からフォトレジストを剥離するため用いられる場合に、図1のシステム内で実行される処理を示している。ステップ100では、剥離対象のワークピース20が、例えばローターアセンブリ30上の保持固定具内に配置される。バッチ処理では、ワークピースのバッチをカセット内に配置してもよい。代替的に、バッチ動作では、ワークピース20は、米国特許第5,784,797号明細書において説明されるように、自動処理システムで、キャリヤを持たない形式のチャンバ15内に配列されてもよい。

10

#### 【0036】

保持固定具またはカセットは、チャンバ15などの閉鎖環境に配置される。ステップ102では、加熱脱イオン水が、ワークピース20表面上にスプレーされる。加熱脱イオン水は、チャンバ15の環境と同じく、ワークピース20の表面を加熱する。スプレーが中断したとき、ワークピース表面上には薄い液体膜が残っている。表面が疎水性である場合には、ワークピース表面上への薄い液体境界層の形成を補助するよう、界面活性剤を脱イオン水へ添加してもよい。界面活性剤は、その上、親水性表面に関連して使用されてもよい。さらに、防蝕剤が使用されてもよい。

20

#### 【0037】

脱イオン水の表面境界層は、1つ以上の技術を用いる、ステップ104で制御される。例えば、ワークピース20は、境界層を薄くする遠心力を発生させるよう、ローター30によって軸37の周りで回転させられてもよい。また、表面境界層の厚さの制御に、脱イオン水の流速が用いられてもよい。流速を低下させると、境界層の厚さは減少する。さらにまた、境界層の厚さを制御するために、脱イオン水のチャンバ15への注入方法が用いられてもよい。ノズル40は、脱イオン水をマイクロ液滴として供給するよう設計されていてもよく、それにより、境界層は薄くなる。

30

#### 【0038】

ステップ106では、水をスプレーする間、オゾンは、流体流路60に注入され、または、別の方法で、直接チャンバ15に提供される。図1の装置が用いられる場合、水のスプレーが停止された後も、オゾンの注入が継続しているのが好ましい。ワークピースの表面が乾き始める場合は、ワークピースの表面に液体膜を補給するために、短時間スプレーが作動しているのが好ましい。これにより、露出したワークピースの表面が常に濡れた状態のままになるようにし、さらには、ワークピースの温度を、所望の反応温度に高められたままにする。ワークピースの表面を高められた温度に維持する程度の、十分な流速を有する脱イオン水の連続スプレー、および、高い回転速度(すなわち、>300rpm、300と800rpmとの間、または1500rpmと同程度またはそれ以上)により、オゾン拡散バリアを最小化する非常に薄い境界層が生成され、それにより、フォトレジスト剥離率を高めることができてきた。境界層の厚さの制御は、ワークピースの表面へのオゾンの拡散を規制するのに用いられる。

40

#### 【0039】

液体(流体)境界層の厚さは、数個の分子層(例えば、およそ1ミクロン)から、100ミクロンまで、(通常50~100ミクロン)、またはそれ以上の範囲で変化してよい。

#### 【0040】

オゾンは加熱脱イオン水において限られた溶解度を有してはいるが、オゾンは水の境界

50

層を通して拡散し、液体/レジストインターフェースでフォトレジストと反応可能である。明らかに脱イオン水自体も、ウエハ表面上の、フォトレジストなどの有機付着物の炭素-炭素結合の加水分解により、反応をさらに補助している。高められた温度により、動的反作用は促進される。たとえ、実際には、高温の液体境界層に高濃度の溶存オゾンがなくとも、気相における高濃度のオゾンが、液体境界層を通したオゾンの拡散を促進する。

#### 【0041】

高められた温度、または、より高い温度とは、周囲温度または室温より高い温度、すなわち、20または25より高く、およそ200までの温度を意味する。好ましい温度範囲は、25 150、より好ましくは55 120、または75 115、さらに好ましくは85 105である。説明された方法では、90 100の温度、好ましくは、およそ95を中心とした温度を用いることが可能である。

10

#### 【0042】

ワークピース20がオゾンおよび/または液体の反応で処理された後、ワークピースは、ステップ108で任意に灌がれ、ステップ110で乾燥される。例えば、ステップ108での灌ぎの間、ワークピースは、脱イオン水の流れでスプレーされてもよい。その後、ステップ110で、ワークピースは、1つ以上の何らかの既存の乾燥技術の対象であってもよい。

#### 【0043】

高められた温度は、ワークピースでの、またはウエハ表面での反応速度を加速するために用いられる。ワークピース表面温度を最高にし得る1つの方法は、処理の間、水または蒸気などの被加熱処理液体を、絶え間なく提供し続けることである。処理の間、被加熱処理液体は、ワークピースに接触し、これを加熱する。しかしながら、こうした絶え間ない提供は、水および他の処理液体を、かなり消費することになる。水を浪費せず、出来る限り最薄な境界層を実現するために、液体または蒸気の「パルス流動」を用いてもよい。「パルス流動」が、必要な高められたワークピースの表面温度を維持し得ない場合は、表面温度を維持する代替的方法が必要となるだろう。こうした代替手段の1つに、表面温度および処理環境温度を所望のレベルに維持する、「ホットウォール(hot wall)」リアクタの使用がある。そして、これが終了するまで、処理チャンバは、例えば、1つ以上の埋込被加熱再循環コイル、または加熱毛布、または熱源からの照射(例えば、赤外線ランプ)などの形をとった、チャンバヒーター29により加熱されてもよい。

20

#### 【0044】

30

実験室実験では、以上の処理の教示に従って、1ミクロンのフォトレジストでコーティングされた150mmのシリコンウエハが剥離された。処理チャンバは、95まで加熱された脱イオン水を、処理チャンバに10分間スプレーすることにより、プレ加熱された。洗浄処理の間、95まで加熱された脱イオン水のパルス流動が使用された。パルス流動は、およそ5秒の「オン時間」、それに続く10秒の「オフ時間」を含んでいた。ウエハは800rpmで回転し、脱イオン水のパルス流動は、9個のノズルを通して、毎分3リットルの割合で処理チャンバ内へスプレーされた。オゾンは、濃度12パーセントで、別々の多岐管を通して、毎分8リットルの割合で処理チャンバに注入された。結果として、剥離速度は、7234オングストローム/分であった。

#### 【0045】

40

処理チャンバに、濃度19パーセントのオゾンを毎分12リットルの割合で注入する、高能力オゾン発生器を用いることにより可能となる、より高いオゾン流速では、結果として、剥離速度は、さらに8800オングストローム/分以上まで増加可能である。

#### 【0046】

上述の処理を用いることにより、多くの利益がある。最も重要な利益の1つは、有機物を除去し、さらに粒子を除去し、さらに金属を減少させ、さらに二酸化珪素を除去する能力を保有する一方で、従来の4つの化学的洗浄処理を、2つの化学的ステップの処理に減少させることである。さらに、処理回数、化学物質の消費量、水の消費量、および廃棄物の発生が、すべてかなり抑えられる。上述の処理のさらなる利益は、FEOLおよびBEOLウエハの双方および剥離処理へのその適用可能性である。実験室試験により、アルミニウム、チ

50

タニウム、タンクスチルなどの金属への作用が全くないことが示されている。既知の例外は銅であり、オゾンの存在により酸化銅が形成される。この酸化物は、アルミニウムのような金属上に形成される酸化物などの、「固い」均一な不動態化酸化物ではない。それゆえ、この酸化物は、容易に除去可能である。

#### 【0047】

加えて、さらなる利益は、より高いオゾン流速であり、濃度は、低ウエハ回転速度および低減された温度を含む、様々な処理条件の下で、より高い剥離速度を実現するよう、使用可能である。高い温度が望ましくない場合には、より低い温度の使用((例えば、上述の95よりむしろ)25 75 の間、および好ましくは25 65 )が役立つことになろう。

#### 【0048】

これが有益である1つの例は、金属膜が高温の脱イオン水に露出される場合、金属の腐食が発生し得る、BEOLウエハを伴う処理の使用である。同様に、周囲温度での処理が好適なものとなり得る。より高い温度を用いないことにより、実現されない剥離速度のゲインは、増加されるオゾン流速および濃度に起因する剥離速度の増加により相殺される。より低い温度を用いることによる運動エネルギーの損失は、より高濃度のオゾンを用いることで相殺可能である。

#### 【0049】

再び図2を参照すると、処理ステップ102 106は、実質的に並行形式で実行可能であることが認められるだろう。さらに、処理ステップ102 106は、異なる処理液体を用いて、連続反復可能であることが認められるだろう。こうした例では、使用される各処理液体は、それぞれの組の汚染物質を除去するよう、特に適合可能である。しかしながら、好ましくは、出来る限り、ほとんど異なる処理液体を用いることが望ましい。利用する異なる処理液体の数を減少させることにより総合的洗浄処理は簡易化され、利用する異なる処理液体の数を減少させることにより化学物質の消費量は最小となる。

#### 【0050】

単一の処理液体は、処理ステップ102 106の单一サイクルにおいて、有機汚染物質、金属、および粒子を除去するために使用されてもよい。処理液体は、図3に示されるように、酸性処理液体溶液を形成するために、脱イオン水溶液および、化学物質貯蔵槽260Aまたは260Bからの、HFかHClなどの1つ以上の化合物から成る。

#### 【0051】

102 106に記載された処理ステップにおける、フッ化水素酸溶液の使用は、以下を含む、多数の利点を提供する。

#### 【0052】

1. 有機汚染物質の除去 処理の酸化能力は、フォトレジストに対して繰り返して示された。剥離速度は、多くの場合8800A(オングストローム)/分を超えた。洗浄アプリケーションにおいて、一般に有機汚染が分子レベルであるという事実を考えると、開示処理には十分な酸化能力がある。

#### 【0053】

2. 酸化物の除去および被制御化学物質酸化物の再生 溶液の温度および溶液内のHF濃度に依存して、特有の腐食速度が決定されてもよい。しかしながら、オゾンは、被制御境界層を通して拡散し、ウエハが疎水性となるのを防ぐよう、酸化物を再生する。95での500:1のH<sub>2</sub>O:HF混合液は、およそ6 8A/分の速度で、SiO<sub>2</sub>を腐食する。25 での同一溶液は、およそ2A/分でSiO<sub>2</sub>を腐食する。典型的な「天然」酸化物は、一般に、酸化物除去の対象とされる厚さである、8 12Aの厚さが自己限界である。

#### 【0054】

3. 粒子の除去 酸性溶液は、上述したSC1洗浄において、好ましいゼータ電位を有しないが、HP処理液体を伴う開示された処理における粒子除去は、酸化物表面を腐食して再生する、同一除去メカニズムを使用する場合、なお重要であることが示されている。

#### 【0055】

4. 金属の除去 実験室実験において、ウエハを、故意に、鉄、ニッケル、および

10

20

30

40

50

銅で汚染させた。HFを含む処理液体を伴う開示された処理は、3桁以上の金属の減少を示した。追加的な増強として、同程度の酸化物および粒子の除去能力を有してはいないが、HFに代えてHClが、金属除去の実行に使用可能である。HFとHClの組み合わせは、これらの化学物質の各々が有意の金属除去能力を有しているので、さらに利益があるが、金属を金属酸化物へ変換する際の、酸化物表面の再生、および、2つの酸性ハロゲン化物の共存による相互作用は、金属除去に対する例外的に好ましい環境を生成する。

#### 【0056】

5. 無酸化物(疎水性)表面は、所望の場合には、浸漬セル内で、最終的HFステップを用いたり、または、金属除去後にHF蒸気ステップを用いたりすることにより生成可能である。

10

#### 【0057】

HPとオゾンを用い、ワークピース表面への液体の流速、およびワークピース表面からの液体の除去速度を選択することにより、境界層は、好ましくは、均一で良好な腐食を達成させる、十分な厚みを維持する。ワークピース表面上の液体の境界層は、腐食均一性が、5%未満、さらに好ましくは3%または2%未満(平均値により除算された3 シグマ)のオーダーとなるよう、十分な厚みを維持することが好ましい。

#### 【0058】

HFおよびオゾン処理では、オゾン濃度は、重量(酸素内)で、およそ3~35%、または10~20% あることが好ましい。オゾン濃度は、主に、使用した水性HF溶液の腐食速度に依存する。シリコン処理の場合は、シリコン表面が、不動態化した二酸化珪素表面の完全な腐食を示す、疎水性にならないようにすることが望ましい。通常、使用されるHF濃度は、0.001~10%、または、0.01~1.0%(重量)である。一般に、低濃度が好ましく、およそ0.1%の濃度が、非常に良好な洗浄能力を提供する(95%で、毎分熱酸化物8Aの腐食速度)。HF溶液は、金属除去能力を高めるよう、塩酸を含んでいてもよい。使用される場合、通常、HClは、HFに対して上述された範囲と同様の、濃度範囲を有する。

20

#### 【0059】

HFおよびオゾン処理では、0から最大100までの温度範囲が使用可能である。加圧下で処理が実行される場合は、より高い温度が使用可能である。この処理での粒子除去能力は、高められた温度において高められる。0.15ミクロンより大きい粒子の開始カウントがおよそ6万個の、乾燥二酸化珪素スラリー粒子の粒子除去効率は、外気温度ではおよそ95%であった。65%では、この効率は99%まで増加した。95%では、同効率は99.7%まで増加した。これは僅かな改善であるように見えるかもしれないが、最終粒子カウントの相違は、3000粒子から300粒子、さらにおよそ100粒子へと変化し、半導体装置製造において非常に重要な違いとなり得る。

30

#### 【0060】

例えば、HFおよびオゾン処理は、例えば：3:00(分)のHF/03>3:00のSC1>3:00のHF/03の洗浄シーケンスの一部として含まれてもよい。このシーケンスでは、洗浄効率は99.9%を越えるまで増加した。対照的に、SC1だけでは、50%以下の洗浄効率に留まった。窒化珪素粒子の洗浄の場合にも、同様の結果が得られた。

#### 【0061】

40

オゾン処理に対する上述のステップおよびパラメータは、HFを伴うオゾンおよびオゾン処理にも、同様に適用される。これらのプロセスは、米国特許第5,544,421号明細書に説明されているような装置でのバッチのワークピースに対して、または、PCT/US99/05676に説明されているような装置での個々のワークピースに対して、実行可能である。

#### 【0062】

典型的な化学アプリケーション時間は、1:00~5:00分の範囲である。4つの化学物質の洗浄処理時間のおよそ20:00分と比べると、HFおよび/またはHClを含む処理液体を伴う処理は非常に有利である。典型的なH<sub>2</sub>O : HF : HCl濃度比は、HFおよび/またはHClの有無を問わず、500:1:1から50:1:1のオーダーである。より高濃度も可能であるが、経済的利益が減少する。所望の洗浄化学物質を生成するために、気体のHFまたはHClを水に注入可

50

能であることに留意することも重要である。プロセッサ構成および所望の洗浄要件の相違に起因して、特定の洗浄処理パラメータの決定も、これらの相違および要件に基づいて変化する。

#### 【0063】

オゾン拡散処理の利益は以下を含む。

#### 【0064】

1. 洗浄処理に使用される化学物質の量およびタイプの減少。

#### 【0065】

2. 必要とされる、多数の中間濯ぎステップの除去による、水消費量の減少。

#### 【0066】

3. 処理時間の減少。

#### 【0067】

4. 処理ハードウェアの簡素化。

#### 【0068】

上述の処理は、直観に反するものである。何年間も、SC1、および、より少ない程度のSC2などの化学物質において、過酸化水素をオゾンに交換する努力が払われてきた。これらの努力は、境界層を制御することなく、さらに、境界層内への溶解に代えて、境界層を通した拡散を制御機構とするような方法でオゾンを導入しなかったため、大方が失敗に終わった。従来の溶液の洗浄効率は温度を増加させることで大いに高められるが、所与溶液へのオゾンの溶解度は溶液の温度に反比例することが認められている。20 1 での水へのオゾンの溶解度はおよそ100ppmである。60 では、この溶解度は5ppm未満まで低下する。このため、高められた温度で、シリコンの表面に小孔を生ぜしめないよう、シリコンウエハの表面を迅速に不動態化(酸化)させるには、オゾン濃度は不十分である。このように、処理性能を最適化させようとすると、2つの機構は互いに矛盾するものとなる。

#### 【0069】

上述の境界層制御/オゾン拡散技術を用いてテストが行われ、95 で、シリコンウエハ処理に2000:1の水:水酸化アンモニウム溶液が使用可能であることが示され、表面の粗さ增加(RMS)は2オングストローム未満となった。この同一の溶液が、浸漬システムまたは従来のスプレーシステムに適用された場合は、原子間力顯微鏡法により測定されたRMS表面粗さは、20オングストロームを超えて増加し、さらに最大表面粗さは190オングストロー30 ムを超える。加えて、従来の処理では、光散乱粒子カウンタでは表面の読み取りが不可能となる程度まで、表面に小孔を空けるのに対して、境界制御技術では、実際にウエハ表面上で、最大50%の粒子の減少を示した。

#### 【0070】

有機汚染を酸化し、除去する場合、従来の水性オゾン処理は、毎分およそ200~700オングストロームのフォトレジスト(炭化水素膜)剥離速度を示す。開示された処理の境界層制御システムでは、速度は、スプレー制御境界層内で毎分2500から8800オングストロームまで加速され、または、境界層が、15psiおよび126 の蒸気を用いて生成され、および制御される場合は、それ以上に加速される。

#### 【0071】

上述の処理は、広範なマイクロエレクトロニク製作アプリケーションでの使用に適している。半導体装置の製造で重要な1つの問題点は、反射ノッチングである。半導体ウエハ上にパターンを露光するために、ウエハには、フォトレジストと呼ばれる光活性化合物がコーティングされている。抵抗膜は光パターンに露光され、それにより、光が伝達される領域を「露光する」。しかしながら、フォトレジストの下に局所的特長が存在することもあるため、光がフォトレジストを貫通し、局所的特長による反射が起こり得る。これにより、所望しない領域内にレジスト露光が引き起こされる。この現象は「反射ノッチング(reflective notching)」として知られている。装置密度が増えるにつれ、反射ノッチングは、より大きな問題となる。

#### 【0072】

10

20

30

40

50

同様の問題は、照射の入射角に垂直な反射の結果として発生する。こうした反射は、定在波形成の現象を通して、露光光線の歪みを引き起こし得るので、その結果、フォトレジスト内にパターンの歪みをもたらす。これらの現象を低減し、または防止するために、反射防止コーティング層が使用されている。フォトレジスト膜は、通常、反射防止コーティング層の上部または下部のいずれかに付着される。フォトレジスト層および反射防止コーティング層の双方は、単に中間製作ステップで使われる「一時的な」層であるため、こうした中間製作ステップ完了後に、これらを除去しなければならない。

#### 【0073】

図2の処理は、フォトレジストおよび反射防止コーティングの双方を、单一の処理ステップ(例えば210～215に示されたステップ)で除去するために、水および水酸化アンモニウムから成る処理液体と共に用いられてもよいことが分かった。これは、水内の、重量濃度0.02%～0.04%の水酸化アンモニウムで示されているが、他の濃度でも実行可能であると考えられる。水酸化アンモニウムは、図3に示されるように、貯蔵槽260Cからの、熱いDI水に加えられてもよい。

#### 【0074】

フォトレジストおよび対応する反射防止層を、同時に除去する処理は、必ずしも水酸化アンモニウムを含む処理液体には制限されない。むしろ、添加物の主な目的は、ウエハ表面にスプレーされる溶液のpHを上げることである。好ましくは、pHは、およそ8.5～11まで上げられるべきである。水酸化ナトリウムおよび/または水酸化カリウムなどのベースは、こうした除去に使用可能であるが、可動イオン汚染への危惧のため、あまり望ましいとは思われない。しかしながら、TMAH(テトラメチル水酸化アンモニウム)などの化学物質は適当であり、可動イオン汚染が危惧するのと同じことを発生させない。さらに、ヒドロキシリラジカルが豊富なイオン化水も使用可能である。

#### 【0075】

希釈した水酸化アンモニウム溶液は、様々な方法で処理に適用可能である。例えば、溶液ストリームの单一使用を可能にするために、シリンジポンプ、または他の高精度化学アプリケーターが使用可能である。こうした実施例では、オゾンを伴う脱イオン水ストリームを用いてフォトレジストを剥離可能となり、水酸化アンモニウムが水のストリーム内へ注入される短時間の間に、剥離作業を終了することが出来る。これは、化学物質使用および廃棄物生成を最小にするのを補助する。また、アプリケーション装置は、例えば、マイクロプロセッサ制御を用い、適切なセンサおよびアクチュエータを使用することにより、pHをモニターしありおよび制御することが可能であってもよい。

#### 【0076】

図4を参照すると、他のオゾン拡散処理システム54では、処理チャンバ15内に、オゾンを、オゾン発生器72から直接反応環境またはチャンバ内部に案内する、1つ以上のノズル74が配列されている。流体経路60へのオゾン注入は任意である。それ以外は、図4のシステムは、上述した図1のシステムと同じである。

#### 【0077】

図5を参照すると、他のオゾン拡散処理システム64では、蒸気ボイラ112は、圧力下で飽和蒸気を処理チャンバ15に供給する。いかなるポンプも必要とされない。反応チャンバ15は、ワークピースの周りに加圧大気を形成するよう、シールされているのが好ましい。例として、126の飽和蒸気は、蒸気ボイラ112で生成され、ワークピース処理の間、240kPaの圧力を発生させるよう、チャンバ15に供給される。オゾンは、図示のように、直接チャンバ15に注入されてもよいし、および/または、蒸気との並行供給として経路60に注入されてもよい。この設計では、ワークピース表面温度は100℃を超えて、反応動力学(reaction kinetics)をさらに加速する。図4および図5は、流体およびオゾンが別々のノズル40を経由して送られるのを示しているが、それらは、適切なバルブを用いて、同一ノズルから送られてもよい。

#### 【0078】

蒸気(100℃を超える温度の水蒸気)の使用は、オゾン環境がある場合、フォトレジスト

10

20

30

40

50

剥離速度を高める。予備テストは、95 の湯を用いた処理では、毎分およそ3000 4000オングストロームのフォトレジスト剥離速度を達成することを示している。120 130 の蒸気を用いて同様の処理を実行した場合は、毎分およそ7000 8000オングストロームの剥離速度となる。しかしながら、結果としての剥離速度は持続可能ではない。

#### 【0079】

高剥離速度は、蒸気がウエハ表面で凝縮する場合のみ達成される。ウエハ温度は、急速に蒸気との熱平衡に近づき、平衡が達成されると、凝縮膜の形成を促進する温度勾配はもはや認められない。これにより、ウエハ表面上の液体境界層は消失する。境界層は、ウエハ表面上の有機物質の酸化の促進に不可欠と考えられる。液体膜の欠如により、フォトレジストの剥離速度は大幅に低下する。

10

#### 【0080】

加えて、いったん、蒸気がウエハ表面で凝縮しなくなると、反応環境は、反応動力学を駆動するエネルギー源を失うことになる。蒸気がウエハ表面で凝縮する場合、1グラムあたりおよそ540カロリーの気化熱を放出しなければならない。オゾンまたは酸素遊離基が存在する場合、このエネルギーは、その後、炭素化合物の酸化など、他の反応を促進するために利用可能となる。

#### 【0081】

こうした実験的観測により、蒸気環境からの凝縮が無期限に継続可能で、それにより、オゾンをの存在下でのフォトレジスト剥離などのアプリケーションにおいて、蒸気の使用が可能となるよう、半導体ウエハ表面などの表面の温度を維持する方法が提供されている。従って、蒸気凝縮時にかなりの量のエネルギーが放出されるのみならず、確実に液体境界層が形成されることになる。

20

#### 【0082】

これを達成するために、ウエハ表面は、処理チャンバに送られる蒸気の温度よりも低温に維持されなければならない。これは、図5に示されるように、ヒートシンクとして機能することになる、温度被制御表面またはプレート66に、ウエハを取り付けることにより達成可能である。この表面は、その後、冷却コイル、またはソリッドステート熱交換器、または他の手段を用いて、温度制御されてもよい。

#### 【0083】

好ましい実施例では、液体の温度被制御ストリームがウエハ背面に送られる一方で、蒸気およびオゾンが封止された処理領域に送られ、蒸気がウエハ表面上に凝縮可能となる。ウエハは、遠心力により境界層の厚さを決定するのを補助するだけでなく、境界層の一様な分布を促進するよう、回転させてもよい。しかしながら、回転は絶対要件ではない。冷却ストリームは、蒸気より低温度でなければならない。冷却ストリームが水である場合、100 を超える蒸気温度に対して、75または85 95 が好適に用いられる。

30

#### 【0084】

他の実施例、およびバッチ処理において比較的実行し易いものでは、ウエハ温度を低下させるために、冷却液のパルス化されたスプレーが定期的に適用される。また、蒸気配達は、連続的であっても、またはパルス化されてもよい。

#### 【0085】

ウエハは、いかなる方向に向いていてもよく、さらに、表面の洗浄、または有機物質以外、またはそれに加えて、特定種類の物質の除去を促進するために、フッ化水素酸、または水酸化アンモニウム、または他の何らかの化学物質などの添加物が、システムに追加されてもよい。

40

#### 【0086】

この処理は、100 より高い温度を用いることにより、表面から有機物質または他の物質を除去するための、水/オゾンシステムの反応動力学が促進可能となる。これは、表面が蒸気と熱平衡に達するのを防ぐことにより、凝縮膜の連続形成を可能にすることを補助する。また、これは反応速度を促進するよう、放出された気化熱を利用し、さらに、熱湯処理において容易に配達可能なエネルギーよりも多くのエネルギーを必要とする、より難

50

しい物質の除去を、潜在的に可能にする。

#### 【0087】

紫外線または赤外線ランプ42は、処理の間、ワークピース20の表面を照射するよう、上述の設計のいずれにおいても任意に使用される。こうした照射は、反応動力学をさらに増強する。この照射技術は、バッチワークピース処理に対して適用可能であるが、放射に対してワークピースがより容易に完全に晒される、図示された単一ウェハ処理設計においては、より簡単に、さらに経済的に実行される。また、メガソニックノズルまたは超音波ノズル40が使用されてもよい。

#### 【0088】

図6を参照すると、他の代替的オゾン処理システム84では、オゾンの液体への溶解を促進するために、1つ以上の液体ガス接触器86が使用される。接触器は、処理液体の温度が、例えば周囲温度または周囲温度の近傍である場合に、特に有用である。こうした低温は、アルミニウム/シリコン/銅などの膜上での腐食を制御する、若干のアプリケーションにおいて有利となり得る。

10

#### 【0089】

接触器86は、一方の終端に液体が導入され、他方の終端にオゾンガスが導入される、平行向流設計のものであることが好ましい。こうした接触器は、例えば、米国デラウェア州ニューアークの、ダブリューエルゴア (W.L. Gore) 社から市販されている。これらの接触器は、通常、およそ1~4気圧 (ゲージ) の圧力下で動作する。接触器86から出る不溶性ガスは、ガス損失を最小にするよう、任意に処理チャンバ320に方向付けられてもよい。しかしながら、接触器86に対するオゾン供給72は、処理チャンバ15への直接配達用の供給と同一であってもなくてもよい。

20

#### 【0090】

上述のように、オゾンガスは、別々にスプレーされるか、さもなければ、オゾンがワークピース上の液体境界層を通して拡散可能な処理チャンバにガスとして導入されてもよい。流体がワークピースに適用される前に、オゾンを流体に注入することなく、流体は、好ましくは加熱され、スプレーされ、さもなければ、ワークピースに適用される。

#### 【0091】

代替的に、オゾンを流体内へ注入し、その後、オゾンを含む流体をワークピースに適用してもよい。この実施例では、流体が加熱される場合、流体加熱の間、流体内のオゾンの崩壊量を減少させるよう、オゾンが流体に注入される前に加熱を実行するのが好ましい。通常、流体内への注入が所望される、より多量のオゾン、および被加熱流体内のオゾンガスの低溶解度に起因して、流体は若干の溶解オゾンを含むことになり、さらにオゾン気泡を含むこともある。

30

#### 【0092】

また、オゾンガスを直接処理チャンバに導入し、さらに、流体を処理チャンバに配達する前に流体内にオゾンを導入するという、双方の実施例の態様を用いることも可能である。従って、チャンバ内へのオゾンの導入には、様々な方法が使用可能である。

#### 【0093】

図7を参照すると、他の代替的システム120は、このシステム120がスプレーノズル40を用いないことを除いては、図4に示されたシステム54と同様である。1つ以上のジェットノズル56は、むしろ液体の高圧ジェットの形成に使用される。高圧ジェット62となった液体58は、ワークピース表面上の液体の境界層73を通して浸透し、従来の水スプレー処理よりも多くの運動エネルギーを伴ってワークピース表面に衝突する。ジェットの増加した運動エネルギーは、物理的に汚染物質を排除し、および除去する。

40

#### 【0094】

高圧ポンプ272は、液体58を、好ましくは700~105,000 kPa、または3500~14,000kPa、さらに好ましくはおよそ3200~6400kPaに加圧する。これらの圧力、および0.5~1.0mmのノズルオリフィス直径およびジェット直径により、結果として、1~100メートル/秒の速度でワークピースに衝突する、液体のジェット62、または実質的にしつかりした、または

50

連続的なコラムが形成される。従来の流体スプレーシステムと異なり、液滴は、存在するにせよ、ほとんど形成されない。むしろ、集中した液体のジェットまたはビームが、製造上の小さいスポットに衝突する。液体の速度は、主にポンプ圧、および流動制限、およびワークピースの破損回避の必要性のみにより、制限を受ける。また、連続流動が好ましいものの、離散的な液体衝突を形成するために、中断または間欠的流動を用いてもよい。

## 【0095】

テストデータは、上述の処理が、プラズマおよび化学物質を含む、現行の他の処理よりも低コストで、微粒子および金属の汚染物質のみならず、堅焼きフォトレジストおよび打ち込みフォトレジストの双方を除去可能であることを示している。

## 【0096】

図7に示される液体ジェットシステムは、ワークピースの取扱い、および洗浄装置、または処理装置内に含まれていてもよい。図8から図13は、図7の液体ジェットシステムと共に使用可能な、任意のさらなる設計および特徴を示している。一例として図9を参照すると、ジェットシステムを含む装置121は、密閉容器122内に、制御パネル124、および処理ベイまたは処理スペース126を含んでいる。図10に示されるように、ロボットアーム132は、ロード/アンロード部128と処理部126との間に位置決めされる。通常ワークピース20のバッチを保持する、ワークピース容器またはワークピースキャリヤ130は、ワークピースが洗浄システム121を通って循環する際、ロード/アンロード部128に出入りする。

## 【0097】

処理チャンバ140は、処理部126内に位置決めされる。図示された設計では、2つの処理チャンバ140が使用されている。しかしながら、他のアプリケーションで、例えば3つ、4つ、5つ、6つ以上の数個の処理チャンバが使用されることもあるが、特定のアプリケーションでは単一の処理チャンバ140で十分な場合もある。

## 【0098】

ここで図10および図11を参照すると、各処理チャンバ140は、ワークピース20を保持する固定具またはフィンガ148を有するヘッド142を含んでいる。1つ以上のジェットノズル56は、処理チャンバ140内の多岐管157上に設けられる。多岐管157は、トラックモーター172経由で、多岐管トラック158に沿って可動であるのが有利である。供給ライン174は、1つ以上のノズル56へ高圧の液体を供給する。

## 【0099】

処理チャンバ140のヘッド142は、好ましくは(不可欠ではないが)、フィンガホルダまたは固定具148に取り付けられたローター144を含んでいる。従って、モーター146は、ローター144およびワークピース20を回転させるよう、ヘッド142に設けられる。この方法では、1つ以上のノズル56からの高圧液体のジェット62は、実質的に、ワークピース20の回転および好ましくはノズル56の直線的運動により、ワークピース20の底面の全領域に接触可能である。代替的に、(いかなる多岐管154も使わずに)、ノズル56を所定位置に固定し、ローター144でワークピース20を前進させると共に、回転させてもよい。他の代替手段として、ワークピース20およびノズル56は共に静止したままで、高圧液体のジェットが、ノズルまたはジェットステアリング装置を通して、ジェットが実質的にワークピース20の下面の全てを通り、方向を操作されてもよい。

## 【0100】

図10を参照すると、ヘッド142に取付けられたヘッドエレベータ160は、ワークピースをヘッド142にロードし、およびアンロードするために、ヘッド142を処理チャンバ140のボウル166の内外へ上げ下ろしするよう設けられている。ヘッド142は、ヘッドピボットシャフト162により、ヘッドエレベータ160に取り付けられる。ピボットドライブモーター164は、ロード時およびアンロード時にはヘッドが上方を向き、処理時にはヘッドが下方を向くよう、ヘッドピボットシャフト162およびヘッド142を、通常180°旋回させる。ボウル166の底部近傍のドレイン168は、図11に示されるように、使用済みの液体を排除する。シール152は、ヘッド142とボウル166との間に、任意に設けられる。

## 【0101】

10

20

30

40

50

代替的処理チャンバ180では、図12に示されるように、ジェットノズル56は、スイングアームアセンブリ190上に設けられる。スイングアームアセンブリ190は、ボウル166の底部を通るピボットカラー210を貫通して、下方に伸びる軸212上に支えられている。アームエレベータ214は、ペアリングまたはブッシング215を通して、軸212に接続している。アームエレベータ214は、アームエレベータモーター216に接続されている。軸212はまた、アームピボットモーター220により駆動される、アームピボットリンクージ218に、直接またはしっかりと接続されている。その結果、スイングアームアセンブリ190は、アームエレベータモーター216により昇降可能で、さらにまた、アームピボットモーター220により独自に旋回可能である。

## 【0102】

10

濯ぎチャンバ230および濯ぎスプレーノズル232は、スイングアームアセンブリ190を濯ぎ、洗浄するために、ボウル166の一方の側に設けられてもよい。

## 【0103】

図8および図12に示されるように、高圧液体供給ライン196は、好ましくは軸212およびスイングアームアセンブリ190を通して、ノズル56に接続する。蒸気供給ライン198は、同様に、スイングアームアセンブリ190に取り付けられた、またはスイングアームアセンブリ190上の、蒸気スプレーノズル200に任意に接続されてもよい。超音波振動子またはメガソニック振動子などの音波振動子202は、ノズル56から放出される高圧液体のジェットに音波エネルギーを伝えるよう、スイングアームアセンブリ190上のノズル56の周りに設けられてもよい。放射をワークピース20に方向付けるよう、電磁波放射源も、スイングアームアセンブリ上に任意に設けられる。電磁放射は、紫外線放射、赤外線放射、マイクロ波放射、ガンマ線放射、またはエックス線放射であってもよい。電力線、光ファイバーケーブル、または導波管208は、軸212およびスイングアームアセンブリ190を通って、電磁放射源204に接続している。

20

## 【0104】

ここで図8を参照すると、ジェット流体58は、供給ライン258により、ヒーター/冷却機264に接続された、タンクまたは容器256に大量に格納される。液体化学物質源またはタンク260は、化学物質配送ライン262により、任意に液体タンク256に接続される。代替的に、化学物質供給タンク260は、ヒーター/冷却機264の下流で、液体供給ライン258に接続されてもよい。オゾン発生器72は、オゾンを液体内に供給するよう、任意に、ヒーター/冷却機264の下流で液体供給ライン258に接続している。オゾン発生器72はまた、オゾンガスを直接チャンバに供給するよう、オゾン入口206で、処理チャンバ180に接続されてもよい。

30

## 【0105】

ヒーター/冷却機264からの液体供給ライン258は、ノズル56まで伸びる供給ライン296に流入する液体を加圧する、高圧ポンプ272に接続している。処理チャンバ180内の化学ガスポート278へ接続する化学ガス供給276は、オゾン発生器72に加えて、任意に設けられてもよい。スイングアームアセンブリ190上の蒸気ライン198に接続した、蒸気発生器またはボイラ112が設けられてもよい。

## 【0106】

40

図12を参照すると、音波振動子203は、ホルダまたは固定具148により保持されるワークピース20に接触して、ヘッド142上に設けられてもよい。直接接触振動子203は、メガソニック振動子または超音波振動子であってもよく、さらに、ノズル56での音波振動子202の代わりに、またはそれに加えて使用されてもよい。

## 【0107】

同様に、ボウル166の内側表面上に支えられ、さらに蒸気発生器112に接続された蒸気ノズル201は、スイングアームアセンブリ190上の蒸気ノズル200の代わりに、またはそれに加えて使用されてもよい。加えて、UVランプなどの電磁放射源205は、ワークピース20の表面を照射するために、処理チャンバ180内に設けられてもよい。

## 【0108】

50

これまで述べてきた、図12に示された設計および特徴の記述は、(図13に示されたような、半径Rに沿って移動するノズルの代わりに)図11に示された直線移動ノズルを有する実施例にも適用される。同様に、以上の記述は、固定ノズル、および、実質的にワークピースの表面全体(下方の面)をジェット62にさらすよう、回転し、および移し、または処理し、またはそうでなければ移動するワークピースを有する、実施例にも適用される。

#### 【0109】

液体およびガスの化学添加物、照射源、および音波振動子は、本システムまたは方法に不可欠ではないが、若干のアプリケーションでは好ましいだろう。ヒーター/冷却機オゾン(heater/chiller ozone)、および蒸気も、多くのアプリケーションにおいて好ましいが、省略可能である。基本的特徴は、高圧液体のジェット、およびワークピース表面にわたるジェットの動きを含む。10

#### 【0110】

バルブ、メーター、フィルタ、および、流体システムの設計でよく知られている、他の標準構成要素および技術は、図示の明快さのために、図8から省略されている。

#### 【0111】

図10を参照すると、使用に際し、ワークピース容器またはキャリヤ130は、洗浄システム121のロード/アンロード部128に移動される。ロボット132は、キャリヤ130から単一のワークピースを取り出す。ロード対象となる処理チャンバ140のヘッド142は、上向きになっている。ロボット132は、ワークピース20を、上向きヘッド142上のホルダまたは固定具148内に配置する。その後、ピボットドライブモーター164が通電され、ヘッド142を下向き位置へ(通常180°)旋回させる。その後、ヘッドエレベータ160は、ヘッド142およびワークピース20を、ヘッド142がボウル166と係合するまで下降させる。20

#### 【0112】

図11を参照すると、ヘッド142がボウル166上に係合し、シール152により任意にシールされると、ヘッド旋回モーター146が通電されワークピース20を回転させる。供給ライン258およびポンプ272により、高圧流体が、1つ以上のノズル56へ提供される。トラックモーター172が通電され、1つ以上のノズル56を、処理チャンバ166内で直線移動させる。ワークピース20の旋回運動、および1つ以上のノズル56の直線運動により、実質的にノズル56に面するワークピース20表面全体が、高圧液体のジェット62に接触するのを確実にする。30

#### 【0113】

図12に示された実施例の動作は、図13に示されるように、ノズル56が軸212の周りを半径R上で動くのを除いては、図11に関して上述した動作と同様である。また、図12のスイングアームアセンブリ190上の液体ジェットノズル56を伴って移動する、電磁放射源204、音波振動子194、および蒸気ノズル200(使用の場合)は、ジェットノズル56と共に動く、電磁放射線、および音波源、および蒸気源を提供するよう、図11に示された設計内の多岐管154上、またはノズル56周辺の他の構造上に設けられてもよい。

#### 【0114】

ジェットノズル56は、ジェット62がワークピース20に対して垂直となるよう方向付けられるのが好ましいが、角度を有してワークピースに衝突するジェットも使用可能である。図11および図12のジェットノズルはワークピースの下方に位置決めされているが、ジェットノズルおよびワークピースは、ノズルがワークピースの鉛直上方に方向付けられていたり、または、ワークピースの一側面に方向付けられていてもよい。40

#### 【0115】

図8、図11、および図12を参照すると、タンク256内の液体は、水、または脱イオン水であるのが好ましい。しかしながら、他の液体を、単独で、または水に混合させて用いてよい。例えば、イソプロピルアルコール、n-メチルピロリドン、磷酸、または硫酸、またはハロゲン化炭化水素などの有機溶媒を、水の代わりに、または水と混合させて使用してもよい。水は、ほとんどのアプリケーションにおける液体として好適である。水を用いる利点には、低コスト、および小さい環境影響、および熱容量、および多くの汚染物質の溶解能力が含まれている。50

**【0116】**

化学物質タンク260内の液体の化学添加物は、フッ化水素酸、塩酸、水酸化アンモニウム、または過酸化水素を含んでいてもよい。フッ化水素酸および塩酸は、金属除去能力を高めることが出来る。フッ化水素酸はまた、酸化物腐食剤として働くことも出来る。アンモニウム水酸化物は溶液のpHを増加させ、それによりウエハ表面のゼータ動電位を最適化し、その結果、ウエハ表面への粒子付着可能性を減少させる。過酸化水素は、ヘキサメチルジシラザン、フォトレジスト接着促進剤などの有機物質の除去を強めるために、添加可能である。これら、および同様の液体化学物質が添加され、または単独で使用され得る一方で、上述のシステムおよび方法は、いかなる添加物も伴わない、水などの単一の液体成分を使用してもよい。

10

**【0117】**

さらに図8を参照すると、液体58の加熱は、処理をスピードアップするのに有利である。液体58が水である場合、ヒーター/冷却機264は、液体58を、例えば25° 99 の温度に加熱するよう設定してもよく、また、液体または主要な液体成分として水を用いる場合、ヒーター/冷却機264は、液体58を、好ましくは40° 97 の温度に加熱するよう設定してもよい。多くのアプリケーションでは、液体58を、その沸点ぎりぎりまで加熱することが好ましい。

**【0118】**

液体ジェット62は、運動エネルギーを用いて、ワークピースから汚染物質を機械的または物理的に除去する。液体58の密度を増加させることにより、ジェット、コラム、またはビーズ62の運動エネルギーを増加させることが出来る。液体58の密度が増加するのに従い、ワークピース表面に衝突する1秒あたりの液体の質量が増加する。汚染物質を除去するために付与される、利用可能な運動エネルギーは、以下の方程式に従って増加することになる。

20

**【0119】**

$$\text{運動エネルギー} = 0.5 \times (\text{液体の質量}) \times (\text{液体の速度})^2$$

**【0120】**

結果として、利用可能な運動エネルギーは、液体濃度に対して線形に増加する。ヒーター/冷却機264を用いて、液体を周囲の温度以下に冷やすことにより、液体濃度を増加させることが出来る。

30

**【0121】**

オゾン発生器72により供給されるオゾンは、液体供給ライン258へ、または、直接に、オゾンポート206で処理チャンバ166内へ、配達されてもよい。液体58がヒーター/冷却機264により加熱される場合、液体中のオゾンガス溶解度は低下する。その結果、過剰なオゾンは液体と共に流動する気泡を形成する一方で、液体供給ライン258に配達される若干のオゾンは液体内部に溶解することもある。溶解したオゾンおよび液体内部のオゾン気泡の双方は、存在する場合には、洗浄処理に役立つ。

**【0122】**

水素ガスなどの還元剤をチャンバ180に提供するよう、化学ガス供給276が含まれていてもよい。水素ガス、または他の還元剤は、汚染物質と反応し、さらに、水内部の汚染物質の溶解度を増加させることにより、汚染物質の除去を促進する。

40

**【0123】**

図8および図12を参照すると、蒸気発生器112(使用される場合)は、蒸気を蒸気ノズル200および/または201に供給する。ノズルは、直接ワークピース上に、またはワークピースを横切って、蒸気をスプレーすることが好ましい。高圧液体洗浄処理の間、ワークピース表面への蒸気の同時導入は、付加的な剥離能力および洗浄能力を加える。蒸気温度は100° 500 まで変化可能である。ワークピース表面に衝突する蒸気の分子速度を大きくすることにより、物理的な汚染物質除去を機能させることが出来るが、高圧液体ジェットと同様の方法には、蒸気が提供する他の除去メカニズムが存在する。蒸気がワークピース表面上で凝縮するとき、凝縮熱に起因して、1グラムあたりおよそ2300ジュールのエネルギー

50

ーを放出する。この追加工エネルギーは、その後、ワークピース表面上の汚染物質除去の促進に利用可能である。以下の表1は、単一のウエハプラットホーム内で、様々な水/オゾン方法を用いて、シリコンウエハから厚さ2.0ミクロンのフォトレジストを除去するのに要する時間を示している。

**【表1】**

処理	処理時間
水(95°C)スプレー+オゾン	5:00
蒸気(210°C)+オゾン	3:00
高圧の水(95°C)+オゾン	1:30
蒸気(210°C)+高圧の水(95°C)+オゾン	0:20

10

**【0124】**

表1に示されるように、オゾンを伴う蒸気/高圧液体(水)処理は、フォトレジストを除去するために相乗的に働く。

**【0125】**

さらに図8を参照すると、液体ジェット62は、ワークピースから、有機物質、金属汚染物質、および他の汚染物質を機械的に除去する。音波振動子202および/または203(使用される場合)は、ワークピースに伝えるエネルギーを増加させる。液体ジェット62がワークピースに衝突する際に、音エネルギーをワークピースに提供すると、より大きな衝撃エネルギーをもたらすことが出来る。振動子202からの、ノズル56での音エネルギーは、液体ジェット62が、実質的に圧縮不可能な液体コラムを形成する際に、ジェット62を通してワークピースに与えられる。

20

**【0126】**

電磁放射源204および/または205(使用される場合)は、洗浄されているワークピースの表面に向かって焦点を合わせることが好ましい。ワークピースの全表面が、同時に照射されてもよい。代替的に、源204は、レンズまたは光ファイバ配達装置を用いて、ワークピース20上のジェット62の衝突点に向かって焦点を合わせてもよい。

**【0127】**

30

図12に示された実施例では、ワークピース20の回転運動により、ノズルからのジェット62が実質的に(下方を向いた)ワークピース表面の全体に接触するよう、スイングアームアセンブリ190は、角度、例えば、40°~70°の範囲で軸212上で旋回する。モーター146は、除去する汚染物質に応じて、ワークピース20を1~5,000rpmで旋回させる。フォトレジスト除去のための好ましい旋回速度は、100~2,000rpmの範囲で変化する。

**【0128】**

高圧液体ジェット62の使用は、現行の洗浄で使用されている化学物質の量をゼロにするか、または大幅に減少させることができる。洗浄に高圧液体ジェットを用いることは、上述のように、ドライプラズマエッチング処理を代替し、ドライエッチングプラズマ発生器の必要性を排除することも可能である。その結果、半導体、および同様のマイクロエレクトロニック装置、およびワークピースのメーカーは、製造コストを減少させ、洗浄性能を低下させることなく、その製造過程での環境影響を少なくすることが可能である。

40

**【0129】**

フォトレジスト、粒子、有機物質、および金属を含む表面汚染を除去するための、様々なエネルギー源の組み合わせは、除去処理の有効性を増加させる。表面洗浄処理または準備処理は、環境影響の減少、コストの低減、および半導体並びに関連装置の改良された製造を伴う、化学物質消費量の観点から、より効率的に実行可能である。

**【0130】**

フォトレジストは、除去される汚染物質の一例である。フォトレジストは、炭化水素化合物、または炭化水素構成を伴う重合体である。フォトレジストは、高分子化合物を溶剤

50

と化学結合させることにより、除去されてもよい。その溶剤は、硫酸などの湿潤化学物質、または水とオゾンなどの酸化剤との混合液であってもよい。代替的に、フォトレジストは、電気的に励起された有機プラズマなどのように、適切に励起された酸素などの酸化剤との組み合わせで除去可能である。いずれの場合も、例えばフォトレジストなどの汚染物質の除去は、炭化水素を結合している結合エネルギーおよび/または機械エネルギーに打ち勝ち、それにより、分離成分が酸化剤または他の溶剤と化合可能となる必要がある。

#### 【0131】

水の使用は、有機分子の炭素 炭素結合を加水分解し、またはH-C重合体と化合させるよう機能し、さらに炭化水素との、および炭化水素間の若干の結合エネルギーを除去するよう機能する。水はまた、シリコン 水素結合、またはシリコン 水酸基結合を加水分解することにより、シリコン表面の酸化を加速する。水に添加して酸化剤を用いることにより、酸化剤の有効性が増加する。レジスト処置がホウ素や砒素のような、シリコン内への埋込みに用いられる、著しく強く帯電された媒体の露光を含む場合、レジストは、架橋結合または緊密結合となる。この場合、オゾンおよび水などのさほど攻撃的でない媒体の使用は、フォトレジストの除去に十分でない場合がある。しかしながら、架橋現象に起因して程度は低くなるものの、ある程度の攻撃または酸化が行われる。結果として、除去の有効性を増加させるよう、追加形式のエネルギー(音エネルギー、電磁エネルギー、熱エネルギー、および/または機械エネルギー)を併用することが有利である。メガソニックまたは超音波の使用は、音エネルギーの例であり、UVは電磁エネルギーの例である。高圧スプレーは機械エネルギーの例である。熱エネルギーは、蒸気、赤外線加熱、またはワークピースの温度を上げる他の手段の形で、取り入れ可能である。10

#### 【0132】

これらのエネルギー源の2つ以上の併用により、汚染除去のための新規な技術が提供される。例えば、熱エネルギーを赤外線エネルギーの形で、オゾンおよび水と併用すると、酸化剤を供給しながら、同時にワークピースまたはウエハの表面での温度を上昇させる。高圧水を、オゾンおよびアンモニアなどの化学物質と組合せて用いることにより、汚染またはフォトレジストを生成する、相補的エネルギー源の組合せを提供する。20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0133】

【図1】オゾンを液体に注入し、または発泡させて、半導体ウエハなどのワークピースを洗浄し、または処理する装置の、概略ブロック図である。30

【図2】液体およびオゾンを用いて、ワークピースを洗浄し、または処理するための処理フローを示す図である。

【図3】液体およびオゾン、および化学添加物を用いて、半導体ワークピースを洗浄し、または処理する、ワークピースを洗浄し、または処理する装置の概略図である。

【図4】図1に示されたように液体内へ供給されるよりむしろ、処理チャンバ内へ供給される、オゾンおよび液体を用いてワークピースを洗浄し、または処理する装置の概略図である。

【図5】加圧蒸気およびオゾンを用いて、ワークピースを洗浄し、または処理する装置の概略図である。40

【図6】ワークピースの表面での動的反作用の機能を高めるため、液体/ガス接触器を用いてワークピースを洗浄し、または処理する装置の概略図である。

【図7】図4の装置と同様の、高圧ジェットにおいて液体をワークピース上に適用する装置の概略図である。

【図8】付加的な機能を有する、図7に示された装置の概略図である。

【図9】上記の図に示された装置の、1つ以上を含む洗浄システムの斜視図である。

【図10】図9に示されたシステムの平面図である。

【図11】図1から図10に示されたいかなる装置でも使用される、処理チャンバの部分断面斜視図である。

【図12】こうした装置で使用される、代替的処理チャンバの断面図である。50

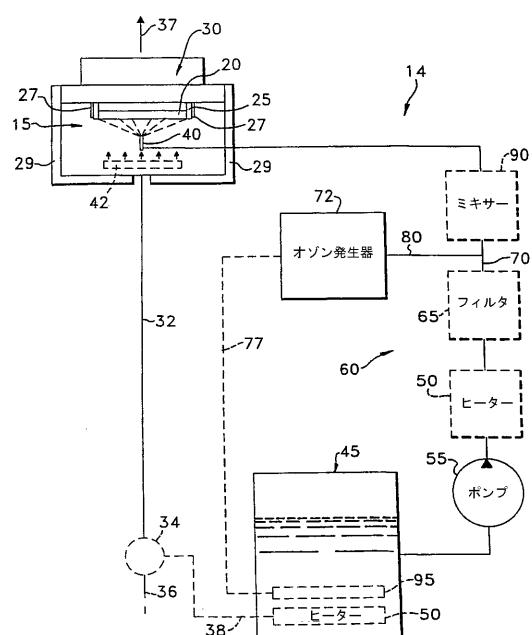
【図13】図12に示されたチャンバの平面図である。

【符号の説明】

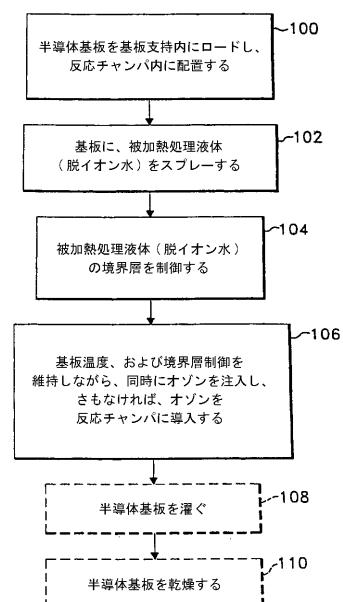
【0134】

14 洗浄システム、15 処理チャンバ、20 ワークピース、25 サポート、30 ローターアセンブリ、37 スピン軸、40 ノズル、45 貯蔵層、55 ポンプ、60 流体流路、65 フィルタ、70 流体運動ライン。

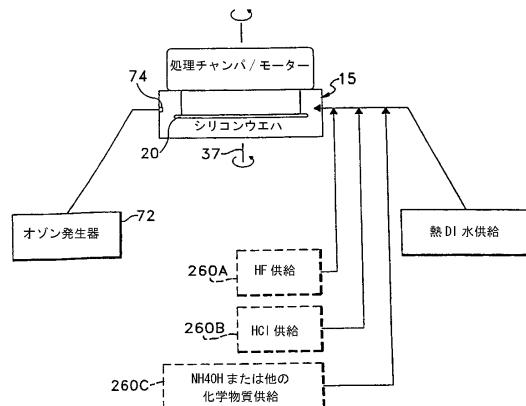
【図1】



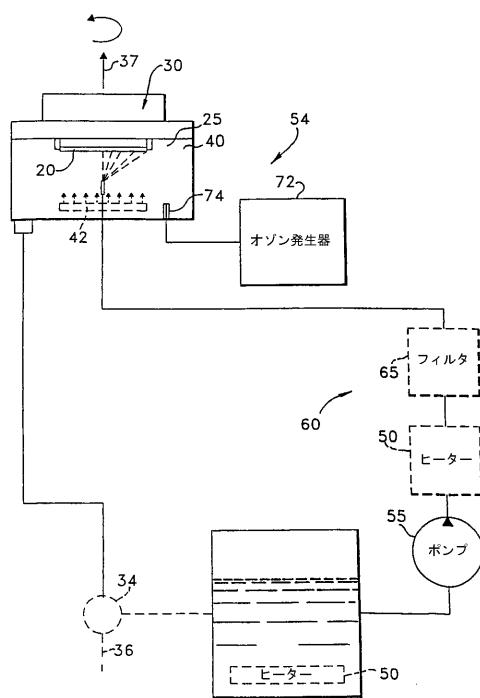
【図2】



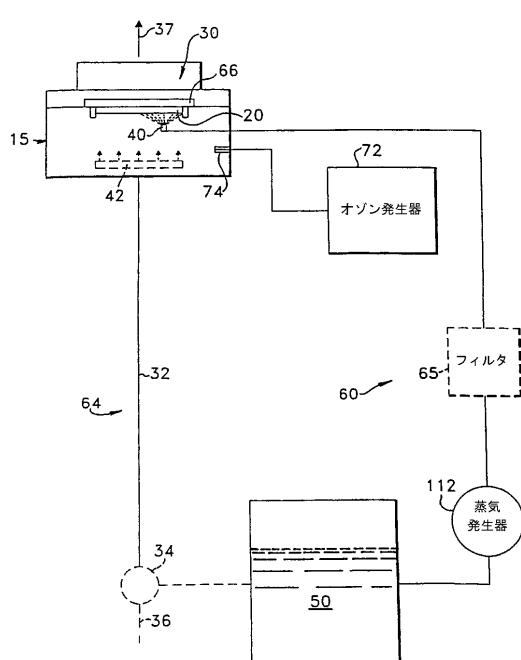
【図3】



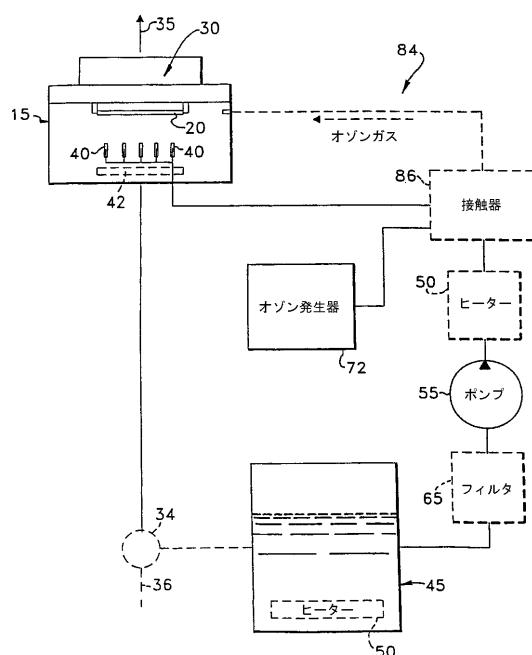
【図4】



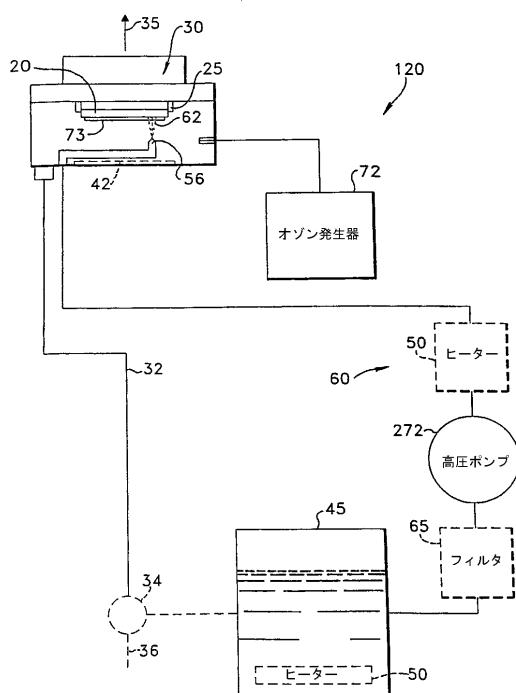
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

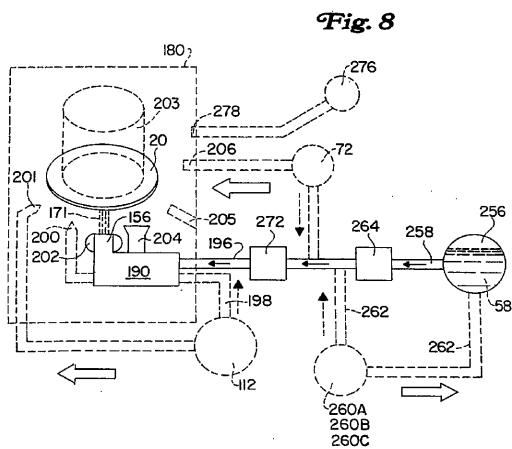


Fig. 8

【図9】

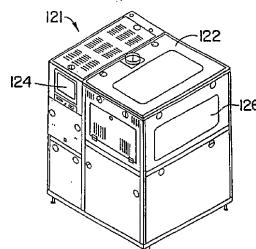


Fig. 9

【図10】

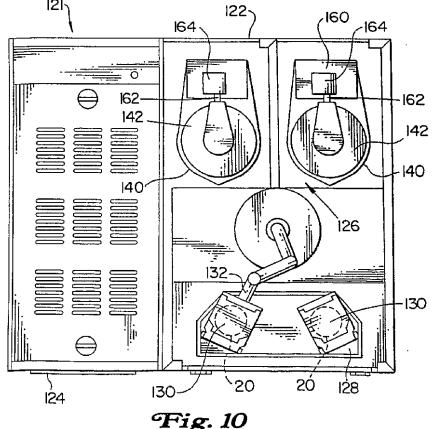
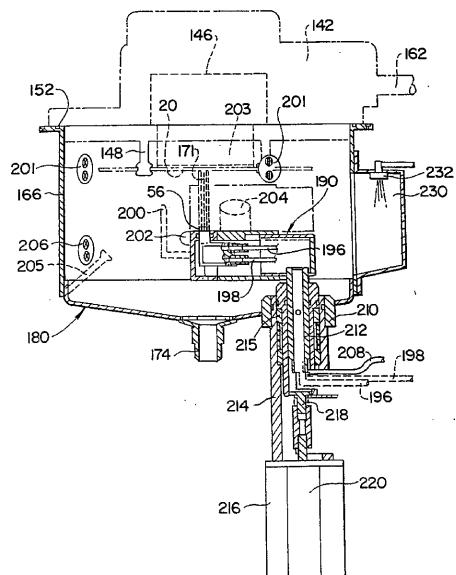
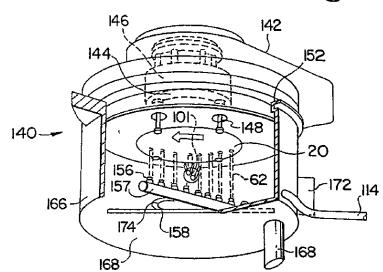


Fig. 10

【図12】  
Fig. 12

【図11】

Fig. 11



【図13】

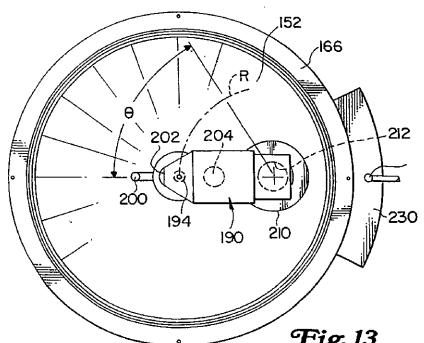


Fig. 13

---

フロントページの続き

(72)発明者 ブライアン・イージェター

アメリカ合衆国59901モンタナ州カリスペル、ウエスト・リザーブ・ドライブ655番

(72)発明者 エリック・バーグマン

アメリカ合衆国59901モンタナ州カリスペル、ウエスト・リザーブ・ドライブ655番

(72)発明者 ダナ・スクラントン

アメリカ合衆国59901モンタナ州カリスペル、ウエスト・リザーブ・ドライブ655番

審査官 金丸 治之

(56)参考文献 特開平08-162425(JP,A)

特開2001-203182(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304